مجلّه‌ی جغرافیا و توسعه‌ی ناحیه‌ای، شماره‌ی دهم، بهار و تابستان ۱۳۸۷

شهزاد قندهاری (نویسنده اصلی)
دکتر امیرحسین مشکواتی
دکتر مجید مزرعه فراهانی
سمیه جعفری

بررسی عملکرد موردی الگوی میان مقیاس MM5 در شبیه سازی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی

چکیده

با عملیاتی شدن یکی از الگوهای میان مقیاس پیش بینی عددی وضع هوا، مشهور به الگوی MM5 در سازمان هواشناسی کشور، این امکان به وجود آمده است تا پیش‌بینی بارش‌های رگباری و کوتاه مدت مورد بررسی دقیق‌تری قرار گیرد. در این بررسی سعی شده است الگو برای پیش‌بینی بارش در منطقه‌ی مستعد سیل در ایران، یعنی جنوب و جنوب غرب، تنظیم شود. با بررسی‌های انجام شده روی شش مورد، می‌توان گفت که الگو در بیشتر این موارد نتایج نسبتاً قابل قبولی را از لحاظ کیفی تولید نموده و به خوبی توانایی پیش‌بینی بارش‌های رگباری، خصوصاً حاصل از سامانه‌های سرد را دارد. اما در پیش‌بینی بارش‌های حاصل در ابعاد کوچک و زمانی که وضعیّت کژفشاری تا سطوح فوقانی امتداد نمی‌یابد و اثرات به صورت منطقه‌ای است، نتایج الگو انطباق کمتری با واقعیّت دارد.

کلیدواژه‌ها: پدیده‌های هم‌رفتی، پیش‌بینی عددی وضع هوا، الگوی mms (الگوی عددی میان مقیاس)، کژفشاری، سامانه‌های سرد

درآمد:

در میان پدیده‌های آب و هوایی پدیده‌های هم‌رفتی با توجه به شرایط دینامیکی و ترمودینامیکی حاکم بر آنها و اثرات تخریبی، که می‌توانند داشته باشند، مورد توجّه خاصّ دانشمندان هواشناس بوده است.

تاریخ دریافت: ۸۶/۵/۲۰ تاریخ تصویب: ۸۷/۹/۳۰

کشور ایران از لحاظ جغرافیایی به دلیل تأثیرپذیری ازنوار پـر فـشار جنـب حـاره‌ای و شـرایط آب و هـوایی حاکم بر این منطقه، از بارش کمی برخوردار است. بارش‌هـای سـالانه‌ی انـدک، کوتـاه بـودن بـارش و نـزول بارش‌ها به صورت رگبارهای شدید و کوتاه مدّت از خصوصیات اقلیمی این منطقه است. بارش‌هـای رگبـاری شدید و کوتاه مدّت همه ساله در گوشه و کنار کشور ایران، خسارت‌های زیاد و در مواردی غیر قابل جبـران را به وجود می‌آورند.

با توجه به اهمیّت اقتصادی و اجتماعی آثارپدیده‌های هم‌رفتی در جو، تلاش زیادی بـرای شـناخت ماهیّـت این پدیده‌ها صورت گرفته و می‌گیرد. به همین دلیل دانشمندان برای ارائه‌ی پیش‌بینی به هنگام وقوع پدیده‌هـای هم‌رفتی برای جلوگیری یا کاهش آثار مخرّب آنها، تلاش‌هایی را آغـاز نمـوده‌انـد (بـایرز و رادبـوش [1]، ۱۹۴۸: ۵، واتسون و بلانچارد [2]، ۱۹۸۴: ۶، بلانچارد و لپز [3]، ۱۹۸۵: ۸، نیکولز و همکاران [4]، ۱۹۹۱: ۱۳، بوی بی و رامان [5]، ۱۹۹۲: ۸، پیلکه [6]، ۱۹۸۴: ۹، اتکینز [7] و همکاران، ۱۹۹۵: ۱۱). بلانچارد و لپز، در مطالعه، الگوهای پایـداری را پیـدا نمودنـد کـه نـشان می‌دهند هم‌رفت در بخش جنوبی فلوریدا در نتیجه برهم‌کنش الگوهای گردش عمومی جـو (پـر فـشار جنـب حارّه‌ای آتلانتیک)، مقیاس سینوپتیکی (امواج و جبهه‌ها)، مقیاس شبه جزیره‌ای (دریـا و بادهـای دریاچـه‌ای)، و مقیاس منطقه‌ای شکل می‌گیرنـد. پیلکـه و همکـارانش، نـشان دادنـد کـه توزیـع رطوبـت خـاک بـر دینامیـک گردش‌های جوّی در تمامی مقیاس‌ها اثر می‌گذارد و همچنین چرخه‌های واداشته شده زمینی را نیز تحت تـأثیر قرار می‌دهد.

۱- Byers & Rodebush

۲- Watson & Blanchard

۳- Blanchard &Lopez

۴- Nicholls & et al

۵- Boybeyi & Raman

۶- Pielke

۷- Atkins & et al

موقعیّت مورد مطالعه

سیستم فشار زیاد جنب حارّه‌ای و سیستم کم فشار ما نسونی سودان، از جمله سیستم‌هایی هستند که جنوب غرب ایران را تحت تأثیر مستقیم خود قرار می‌دهند و شرایط تغییر یافته و یا تعدیل شده آن ممکن است سایر قسمت‌های کشور را نیز تحت تأثیر قرار دهد. از طرفی فراوانی وقوع سیل در این منطقه جغرافیایی بیش از سایر نقاط کشور است (ع، سبزی پرور، ۱۳۷۰: ۹۱). با توجه به شرایط ذکر شده، منطقه‌ی جنوب غرب ایران به عنوان منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق انتخاب و الگوی MM5 دراین منطقه اجرا شده است.

در فصول گذر یعنی پاییز و بهار سامانه‌های هم‌رفتی، بسامد بیشتری نسبت به فصول زمستان و تابستان دارند، اما شدّت فعالیّت این سامانه‌ها در پاییز و بهار یکسان نیست. در فصل بهار با توجه به وجود رطوبت بیشتر و افزایش دمای هوای نزدیک به سطح زمین، که توان جذب رطوبت توسط بخش‌های پایین جو را افزایش می‌دهد و نیز پایین بودن دما در سطوح بالای فرآیندهای هم‌رفتی، از شدّت بیشتری برخوردار هستند.

پیشینه‌ی تحقیق

به طور کلّی، عمده مطالعات انجام شده در مورد پدیده های فرین هوا شناختی، مانند: سیل، طوفان تگرگ و ... (که غالب آن ها ماهیّت هم‌رفتی دارند و یا نتیجه‌ی پدیده های هم‌رفتی هستند) در کشور به روش کیفی و از دیدگاه هم‌دیدی انجام شده اند و تا کنون کمتر مطالعه‌ای بر اساس نتایج حاصل از الگوهای میان مقیاس صورت گرفته است. عملیاتی شدن الگوی MM5 در سازمان هواشناسی فرصتی را فراهم آورد که چنان مطالعه‌ی انجام شود. سؤال اصلی این است که آیا می توان با کمک الگوی MM5 بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی را شبیه سازی و پیش بینی نمود.

شبیه‌سازی و پیش بینی هم‌رفت

با توجه به این که پدیده‌های هم‌رفتی از نظر ابعاد زمانی و مکانی در گروه پدیده‌های خرد تا میان مقیاس جوّی قرار می گیرند، بهترین گزینه برای شبیه‌سازی و پیش‌بینی آنها الگوهای خرد و میان مقیاس هستند. در دهه‌های اخیر الگوهای میان مقیاس با دقّت شبکه‌ای بیشتر از الگوهای مقیاس سینوپتیکی و جهانی با پارامتر سازی‌های پیشرفته، ابزار مهمّی برای تحقیقات هواشناسی بوده‌اند. کاربرد تحقیقاتی الگوهای میان مقیاس در

بررسی طوفان‌های شدید میان مقیاس بینش فیزیکی در خصوص فرآیند شکل گیری ، فعالیّت و ازبین رفتن سامانه‌های جوّی میان مقیاس (آنتس و همکارانش، ۱۹۸۲: ۳)؛ چرخه‌های جنب حارّه‌ای (چن و وانگ[۱] ۱۹۹۵: ۷)؛ سیستم‌های هم‌رفت میان مقیاس (فریچ و همکارانش[۲] ۱۹۸۶: ۴)؛ چرخه‌های برون حارّه‌ای (کیو و همکارانش،[۳] ۱۹۸۸: ۱۰) و بارندگی‌های شدید (لیون و همکارانش،[۴] ۱۹۹۵: ۷) فراهم نموده است.

در الگوهای عددی میان مقیاس عملیّاتی، معمولاً تفکیک افقی شبکه را با گام‌های شبکه‌ی ۲۰ تا ۱۰۰ کیلومتر تنظیم می کنند که در این صورت، فرضیه‌ی هیدروستاتیک نقض نمی‌شود، ولی برای پیش‌بینی عددی وضع هوا در مطالعات موردی، شناخت رفتار سیستماتیک و اجرای این الگوها با دقّت بالا در پیش‌بینی روزانه‌ی هوا مشکل ساز می‌شود.

از اوایل دهه‌ی ۹۰ چندین تغییر مهم در الگوسازی‌ای میان مقیاس انجام شد. اولین تغییر، کاربست دینامیک غیرهیدروستاتیک در الگوهای میان مقیاس است، (دودیا،[۵] ۱۹۹۳: ۵). بدون محدودیّت فرض هیدروستاتیک، الگوهای میان مقیاس غیر هیدروستاتیک می‌توانند برای رفع مشکل قدرت تفکیک ابر (در یک کیلومتر) اجرا شوند. به عنوان مثال، در چنین دقّتی، الگوهای میان مقیاس می توانند به راحتی هم‌رفت را شبیه‌سازی کنند و واکنش آن ها با سیستم‌های آب و هوایی بزرگ مقیاس‌تر نیز شبیه‌سازی شود.

تغییر مهم دیگر، تمرکز در بهبود مهارت‌های پیش‌بینی عددی وضع هوایی منطقه‌ای است. پیش‌بینی هوای هم‌زمان صرفاً برای چند منطقه عملیّاتی بزرگ اختصاص پیدا کرده است، زیرا نیاز به تعداد زیاد منابع محاسباتی جهت توسعه و عملیاتی شدن یک الگوی عددی پیش‌بینی هوا دارند. این مناطق طیّ سال‌های ۱۹۹۰ تغییراتی کرده‌اند. در حال حاضر چندین گروه در ایالات متحده هستند که از پیش‌بینی‌های هم‌زمان بر اساس یک سری تنظیمات اوّلیّه استفاده می کنند. با مطالعات انجام شده توسط کیو و همکارانش در سال ۱۹۹۸، این تحوّلات به دلیل سه عامل مهم زیر صورت گرفته است:

۱- Chang

۲- Fritsch & et al

۳- Kuo & et al

۴- Lyons & et al

۵ - Dudhia

۱. ایجاد پایگاههای محاسباتی با توان اجرایی بالا؛

۲. اشتراک نتایج الگوهای میان مقیاس (مانند MM۵، RAMS و ARPS) و محتویّات الگو (مانند پارامترسازی فیزیکی)؛

۳. دست‌یابی هم‌زمان تحلیل‌ها و پیش‌بینی داده‌ها (در نقاط شبکه) از اجرای عملیّاتی مراکز بین‌المللی برای پیش‌بینی های محلّی.

نتایج تعدادی از الگوهای منطقه‌ای پیش‌بینی عددی حاکی از پیشرفت‌های زیادی در الگوهای عملیّاتی است (کل و همکارانش،[۱] ۲۰۰۰: ۵).

با کسب موفقیّت الگوهای پیش‌بینی عددی میان مقیاس در شبیه‌سازی ها، بسیاری از مراکز عملیاتی در دنیا از این الگوها استفاده نموده و الگوی میان مقیاس غیرهیدروستاتیک را به مرحله‌ی عملیّاتی رسانده‌اند. ما نیز هم اکنون در مرحله ای قرار گرفته ایم که الگوهای میان مقیاس در بیشترین مرحله‌ی رشد خود قرار دارند.

۳. الگوی **MM۵**

الگوی میان مقیاس PSU/NCAR [۲] یک الگوی فضای محدود، غیر هیدروستاتیک یا هیدروستاتیک (تنها ورژن دوم)، با مختصّات زمینی سیگماست که به منظور شبیه‌سازی یا پیش بینی در میان مقیاس و مقیاس منطقه‌ای چرخش جوّی طرّاحی شده است. این الگو در ایالت پن و انکار به صورت یک الگوی میان مقیاس مشترک بهبود یافته و این بهبود با همکاری‌های کاربران آن در چندین دانشگاه و لابراتوارهای دولتی ادامه پیدا نمود.

پنجمین نسل این الگوی میان مقیاس (MM۵)، آخرین ورژن در سری‌هایی است که در ایالت پن توسط آنتس[۳] (۱۹۷۷) به کار گرفته شد و سپس در سال ۱۹۷۸ آن را سندسازی نمود. از آن زمان، تغییراتی برای انتشار کاربرد این الگو طرّاحی شد. این تغییرات شامل: ۱. توانایی چند شبکه‌ای شدن؛ ۲. دینامیک غیر هیدروستاتیک که اجازه می‌دهد الگو در مقیاس‌های کوچکتر(چند کیلومتری) مورد استفاده قرار گیرد؛ ۳. توانایی چند کاره روی حافظه‌ی تقسیم شده و توزیع شده ماشین‌ها؛ ۴. توانایی خوراندن داده های چهاربعدی؛ ۵. گزینه های فیزیکی بیشتر.

۱- Colle & et al

۲ - MM۵ Modeling System Version۳.۲۰۰۴

۳ - Anthes

الگویMM۵ توسط چندین برنامه‌ی کمکی حمایت شده است که منسوب بـه سیـستم الگوسـازی MM۵ می‌باشد.

یک نمودار نمایشی برای بررسی دقیق سیستم الگوسازی تهیه شده است. این نمودار با هدف نمایش دستور برنامه ها و جریان داده ها و توضیح خلاصه توابع اوّلیّه‌ی آن می‌باشد. مستندسازی برای برنامـه هـای مختلـف در سیستم‌های الگوسازی به صورت آنلاین موجود است.

داده های زمینی و هم‌فشار هواشناسی بـه صـورت افقـی درون‌یـابی شـده اسـت (برنامـه‌هـای TERREIN و REGRID) از یک بخش طول-عرض تا یک محدوده بـا دقّـت بـالا روی یـک مرکـاتور، لامبـرت یـا یـک تصویر استریوگرافیک. بنابراین درون‌یابی جزئیات میان مقیاس را فـراهم نمـی‌کنـد، داده هـای درون‌یـابی شـده ممکن است توسط مشاهدات از شبکه هـای اسـتاندارد سـطحی و ایـستگاههای رادیوسـوند بـا اسـتفاده از روش کرسمن یا طرح‌واره چند ربعی ارتقـا یابـد. برنامـه‌ی INTERPF درون‌یـابی عمـودی را از سـطوح فـشاری تـا مختصّات سیگمای سیستم MM۵انجام می‌دهد. سطوح سیگمای نزدیـک زمـین از عـوارض زمینـی و سـطوح سیگمای بالاتر از سطوح فشاری پیروی می‌کنند. به دلیل آن که دقّت عمـودی و افقـی و سـایز منطقـه هـا متغیّـر است، برنامه های الگوسازی ابعاد پارامتریزه شـده‌ای را بـا مقـادیر متغیّـر حافظـه‌ی اصـلی نیـاز دارد. یـک‌سـری حافظه‌ی جانبی نیز به کار گرفته می‌شود.

بنابراین الگوی MM۵ یک الگوی منطقه ای است که نیاز به یکسری شـرایط اوّلیّـه، ماننـد: شـرایط مـرزی جانبی جهت اجرا نیاز دارد. برای تهیه‌ی شرایط مرزی جانبی جهت اجرای الگو یکی از نیازهـا داده‌هـای شـبکه شده برای پوشش کل دوره زمانی است که الگو تکمیل نموده است.

با توجه به ابعاد سلول‌های هم‌رفتی و اندازه شتاب قائم که در این سلول‌ها غیر قابل چـشم‌پوشـی اسـت، لازم است برای شبیه سازی این پدیده از دستگاه معادلات غیر هیدروستاتیک استفاده شود. این بدان معنـی اسـت کـه الگوهایی که برای بررسی پدیده های هم‌رفتی مورد استفاده قرار می‌گیرند باید از نوع میان یا خرد مقیـاس و نیـز غیر هیدروستاتیک باشند.

یکی از الگوهای میان مقیاس غیر هیدروستاتیک، که امروزه به طور نسبتاً گسترده‌ای در مطالعه‌ی فرایندهای هم‌رفتی مورد استفاده قرار می‌گیرد، الگوی MM۵ است.

اخیراً قدرت تفکیک الگوهای منطقه ای تا چند کیلومتر افزایش یافته است. این گونه الگوها مانند ARPS یا MM۵ نمی توانند از تقریب هیدروستاتیک بهره گیرند، زیرا تقریب هیدروستاتیک در این مقیاس‌ها معتبر نیست. در سال‌های اخیر الگوهای غیر هیدروستاتیک دیگری توسعه یافته و مورد استفاده روزمره قرار گرفته‌اند. اخیراً استفاده از الگوهای تمام کره‌ای (جهانی) غیر هیدروستاتیک نیز رایج شده است.

مواد و روش تحقیق

الف) مواد

چون الگوی MM۵ ابتدا برای شبیه‌سازی‌ها و مطالعه‌ی داده‌های واقعی طرّاحی شده است، به مجموعه داده‌های زیر جهت اجرا نیاز دارد:

الف-۱) داده‌های توپوگرافی و کاربری زمین؛

الف- ۲) داده‌های شبکه شده که لااقل، متغیّرهای فشار سطح دریا، باد، دما، رطوبت نسبی و ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای فشاری سطح زمین،۱۰۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۴۰۰، ۳۰۰، ۲۵۰، ۲۰۰، ۱۵۰، ۱۰۰ میلی‌باری را شامل شود؛

الف-۳) داده‌های دیدبانی شامل گمانه‌زنی‌ها و گزارش‌های سطحی؛

الف- ۴) مجموعه اصلی از داده‌های توپوگرافی، کاربری زمین و پوشش گیاهی را که گستره‌ی جهانی دارند با درجه‌ی تفکیک متفاوتی توسط کاربر برای الگو تعیین می شوند.

ب) روش تحقیق

برای شبیه‌سازی و پیش بینی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی با کمک الگوی MM۵ روش‌های زیر به کار گرفته شد:

۱. ابتدا مبانی نظری الگوی MM۵ و پیشینه‌ی استفاده از آن در شبیه سازی بارش‌های رگباری مورد بررسی قرار گرفت؛

۲. سپس مناطقی که بارش‌های رگباری در آن مناطق از فراوانی بیشتری برخوردار هستند، تعیین شدند؛

۳. بارش‌های رگباری در مناطق تعیین شده با استفاده از الگوی MM۵ شبیه سازی شد؛

۴. صحّت خروجی‌های الگو بر اساس الگوهای بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه، بررسی گردید؛

۵. توانایی الگو در پیش‌بینی بارش‌های رگباری حاصل از سلول‌های هم‌رفتی بررسی شد.

در این تحقیق با شبیه‌سازی بارش‌های رگباری در منطقه‌ی جنوب غرب ایران توسط این الگو، عملکرد آن مورد ارزشیابی قرار گرفته است.

برای انجام این بررسی، شش مورد را که در آن بارش‌های رگباری شدید رخ داده و شامل پدیده های مورد نظر در منطقه‌ی جنوب غرب (با طول و عرض جغرافیایی که در جدول الف مشاهده می‌شود) انتخاب و پس از بررسی نقشه‌های واقعی و الگوی MM۵ نتایج مورد بررسی قرار گرفت (که دو مورد آن در این جا توضیح داده می‌شود). چون فرایند بارش‌های هم‌رفتی دارای ابعاد افقی کوچک هستند، در این‌جا از طرح‌واره‌ای استفاده شده که ابعاد افقی حدود ده کیلومتر را بتواند شبیه سازی کند. بر اساس تحقیقات انجام شده، مطابق تنظیمات موجود در جدول الف، در مطالعه‌ی حاضر نزدیک‌ترین جواب به واقعیّت به دست آمد، لذا مناسب‌ترین طرح‌واره گرل [1] و طرح‌واره لایه‌ی مرزی، بلک آدر [2] شناخته شد.

جدول الف- تنظیمات الگو در این مطالعه برای هریک از دامنه‌ها

طول جغرافیایی	۴۶ تا ۶۰ درجه شرقی
عرض جغرافیایی	۲۶ تا ۳۵ درجه شمالی
تعداد شبکه‌های تو در تو	۲
گام افقی شبکه	۹،۲۷ کیلو متر
طرح‌واره هم‌رفت	Grell
طرح‌واره لایه‌ی مرزی	Blackadar
گام زمانی داده‌ها	۲۱۶۰۰ S
زمان پیش‌بینی	۴۸ ساعت

---

۱. Grell

۲. Blackadar

نتایج

بررسی نقشه‌ها (نقشه های واقعی) در روز ۲۵ و ۲۶ دسامبر ۲۰۰۴ (اشکال ۱ الی ۴) حاکی از نفوذ زبانه‌های پرفشار و سرد سیبری از سمت شمال شرق و همچنین تأثیر زبانه‌های کم فشار و گرم از شمال آفریقا در ساعات میانی این روز روی جنوب غرب کشور بود. همان‌گونه که انتظار می‌رفت، نفوذ این زبانه‌ی پرفشار منجر به بارش‌های رگباری شدید در منطقه شد و با نفوذ هوای گرمی از شمال آفریقا و زبانه‌ی کم فشار به سمت منطقه‌ی مورد نظر و با جریانی که ازسمت جنوب و از روی دریا به خشکی ایجاد نمود، زمینه برای شکل گیری سلول‌های هم‌رفتی نوع بارش‌های گزارش شده، نشان دهنده‌ی وقوع هم‌رفت در منطقه است. بر اساس تحقیقات انجام شده، نتایج الگو نیز به خوبی این بارش‌ها را شبیه‌سازی نمود. بررسی مقدار بیشینه و کمینه‌ی بارش پیش بینی شده توسط الگو و مقایسه‌ی آن با دیدبانی‌ها، نشان می‌دهند که کیفیّت نتایج تولید شده مناسب‌اند (اشکال ۹و ۱۱).

در روز۱۶ تا ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵ (اشکال ۵الی ۸) همان‌گونه که در فصل قبل اشاره شد، منطقه‌ی جنوب غرب تحت تأثیر پرفشار سیبری و همچنین ناوه‌ی کم فشاری، که از جنوب به منطقه نفوذ کرده است، قرار دارد که منجر به شکل گیری سلول‌های بسته‌ی کم فشار شده است، لذا بارش‌های حاصل از سلول‌های هم‌رفتی ناشی از همان زبانه‌ی پرفشار ونیز بسته شدن سلول کم فشار در منطقه بوده است.

نتایج الگو برای روز شانزدهم قابل توجه است، اما نتایج روز هفدهم دارای اختلاف زیادی با واقعّیت است (اشکال ۱۰ و ۱۲).

در دوره ۲۳ تا ۲۵ دسامبر ۲۰۰۵، نتایج شبیه‌سازی به وسیله‌ی الگو در مقایسه با الگوهای واقعی قابل توجه است و از لحاظ بارندگی نیز مقادیر بیشینه و کمینه خصوصاً در روز بیست و پنجم انطباق خوبی را نشان می-دهند.

از نظر آماری می‌توان گفت، از ۵۲ درصد بهترین نتیجه تا ۹۵ درصد نامناسب ترین نتیجه حاصل شد.

جدول ب) نتایج مقایسه‌ی آماری بین نتایج الگو و مشاهده

روز	بایاس ۱	میانگین خطای مطلق ۲
۲۵ دسامبر ۲۰۰۴	۰٫۲۰۴-	۱۱٫۷۳
۱۶ نوامبر ۲۰۰۵	۰٫۰۳۱	۱۲٫۵۸
۱۷ نوامبر ۲۰۰۵	۱۳٫۳۶۱۶	۱۵٫۷۹

همچنین در تصاویر ۱۳ الی ۱۶، می‌توان پهنه‌بندی داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از الگو را مشاهده نمود.

با نتایج به دست آمده می‌توان گفت که الگوی مذکور توانایی پیش بینی بارش‌های حاصل از سیستم‌ها را به خوبی داراست. بر اساس نقشه های واقعی در بهترین مورد مطالعه که الگو پاسخ مناسبی را به دست داد، الگوهای واقعی نشان دهنده‌ی کژفشاری تا سطوح بالایی بودند و ناپایداری را تا سطوح بالایی به خوبی می‌توان مشاهده نمود. اما در مورد دیگر، یعنی روز ۱۷ نوامبر، که الگو جواب نامناسبی داد، در نقشه های واقعی ناپایداری‌ها تنها در سطوح پایین نشان داده می‌شود و کژفشاری نیز تنها در سطوح پایین است و این نشاندهنده‌ی این است که بارش‌ها در این روز حاصل از شرایط محلّی بوده و الگو توانایی پیش‌بینی این نوع بارش‌ها را نداشته است.

به طور کلّی می‌توان عوامل ایجاد خطا در نتایج به دست آمده را به شرح زیر دسته‌بندی نمود:

۱. با توجه به این که اطّلاعات مربوط به دمای سطح دریا، که نقش مؤثر و مهمّی در شکل گیری گردش-های محلّی و همچنین گردش‌های بزرگ مقیاس دارد، در دسترس نبوده و این اطلاعات به الگو داده نشده است؛

۲. احتمال خطا در تعیین رطوبت خاک در الگو؛

۳. انتشار خطا در الگو به دلیل استفاده از شبکه‌های تودرتو، که در این روش نتایج الگو در شبکه‌های بزرگ‌تر به عنوان شرایط مرزی برای شبکه‌های کوچک تر در نظر گرفته می‌شود؛

۱ - Bias

۲ - Mean Absolut Error (MAE)

۴. همچنین باید توجه داشت که همرفت پدیده‌ای است که در بازه‌ی زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می‌گیرد، لذا پیش بینی آن با توجه به محدودیت قدرت تفکیک در الگوی MM5 (۵ کیلومتر و بیشتر) کاری دشوار و همراه با خطا خواهد بود؛

۵. خطا در اطّلاعات ثبت شده در ایستگاهها (مانند خطا در ثبت میزان باران یا پدیده‌ها)؛

۶. خطا در مقادیر عددی بارش که توسط نرم افزار ترسیمی گردز[1] داده‌های بارش درون‌یابی شده است.

۱- GrADs

مشکلات و پیشنهادها

الف) مشکلات

به طور کلّی می‌توان عوامل ایجاد خطا در نتایج به دست آمده را به شرح زیر دسته‌بندی نمود:

۱. خطا در اطّلاعات ثبت شده در ایستگاهها (مانند خطا در ثبت میزان باران یا پدیده‌ها)؛

۲. با توجه به این که اطلاعات مربوط به دمای سطح دریا که نقش مؤثّر و مهمّی در شکل گیری گردش‌های محلّی و همچنین گردش‌های بزرگ مقیاس دارد، در دسترس نبوده این اطّلاعات به الگو داده نشده است؛

۳. احتمال خطا در تعین رطوبت خاک در الگو؛

۴. انتشار خطا در الگو به دلیل استفاده از شبکه های تودرتو، که در این روش نتایج الگو در شبکه‌های بزرگ‌تر به عنوان شرایط مرزی برای شبکه‌های کوچک تر در نظر گرفته می‌شود؛

۵. همچنین باید توجه داشت که هم‌رفت پدیده‌ای است که در بازه‌ی زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می گیرد، لذا پیش‌بینی آن با توجه به محدودیت قدرت تفکیک در الگوی MM5 (۵ کیلومتر و بیشتر) کاری دشوار و همراه با خطا خواهد بود؛

۶. خطا در مقادیر عددی بارش، که توسط نرم افزار ترسیمی GrADs داده‌های بارش درون‌یابی شده است.

ب) پیشنهادها

با بررسی های انجام شده روی موارد نمونه‌های مطالعه می‌توان گفت که الگو در بیشتر این موارد نتایج نسبتاً قابل قبولی را تولید کرده است و در برخی موارد توانایی پیش‌بینی بارش‌های رگباری را دارد. اما به دلیل این که هم‌رفت پدیده‌ای است که در بازه‌ی زمانی و مکانی بسیار کوچک شکل می گیرد، لذا به نظر می‌رسد که می‌توان راهکارهای زیر را جهت تولید نتایجی با کیفیّت و کمیّت بهتر ارائه کرد:

۱. کاربرد طرح‌واره‌ای لایه‌ی مرزی مختلف تا بتوان نتایج را مقایسه نمود و توانایی الگو را بهتر ارزشیابی نمود؛

۲. باید ورودی‌های اولّیه به الگو و یا به عبارتی شرایط مرزی از قبیل توپوگرافی را با دقّت بیشتری تعیین نمود و همچنین خطای مقادیر مشاهداتی را در نظر گرفت؛

۳. اطلاعات منطقه‌ای (بخش little-r در الگو) به عنوان ورودی در بخشی از الگو وارد شود؛

۴. اطّلاعات مربوط به سطح آب و یا به عبارتی داده‌های ایستگاهی دریایی در نظر گرفته شود؛

۵. نوشتن برنامه ای جهت درون‌یابی دقیق داده های بارندگی توسط الگو؛

۶. با توجه به این که در بیشتر موارد مورد مطالعه، اریبی منفی به دست آمده است، (به عبارتی مقادیر الگو از مقادیر دیدبانی شده کمتر است) پیشنهاد می‌شود با مطالعه‌ی موارد بیشتر در منطقه‌ی مورد مطالعه یک ضریب تصحیح برای نتایج الگو پیدا نمود.

تقدیر و تشکر

در نهایت از مرکز پیش‌بینی و خدمات ماشینی سازمان هواشناسی و به خاطر همکاری‌های بی‌دریغ‌شان سپاسگزاری می نماییم.

منابع و مآخذ

۱- سبزی پرور،علی اکبر، (۱۳۷۰)، *بررسی سینوپتیکی سامانه‌های سیل‌زا در جنوب غرب ایران*، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، مؤسسهٔ ژئوفیزیک.

۲-Anthes, R.A., Y.H.Kuo, S.G.Benjamin, Y.F.Li, ۱۹۸۲: *The evolution of the mesoscale environment of severe local storms*, Prelimunary modeling result.Mon.Wea.Rev. ۱۱۰،۱۱۸۷–۱۲۱۳.

۳-Anthes,T.A.,۱۹۷۷,*A Cumulus Parameterization Scheme Utilizing a One Dimensional Cloud Model*, Monthly Weather Review,۱۰۵, ۲۷۰–۲۸۶.

۴-Atkins, N.T., R.M. Wakimoto, and T.M. Weckwerth, ۱۹۹۵: *Observations of the sea-breeze front during CAPE*. Part II: dual-Doppler and aircraft analysis. Mon. Wea. Rev., ۹۴۴–۹۶۹.

۵-Blanchard, D. O, and R. E. Lopez, ۱۹۸۵*: Spatial Patterns of Convection in South Florida*. Mon. Wea. Rev., ۱۱۳, ۱۲۸۲ - ۱۲۹۹.

۶-Boybeyi, Z, and S. Raman, ۱۹۹۲: *A three-dimensional numerical sensitivity study of convection over the Florida peninsula*. Bound. Lay. Meteorol, ۶۰ ۳۲۵ - ۳۵۹.

۷-Byers, H. R., and H. R. Rodebush, ۱۹۴۸: *Causes of thunderstorms of the Florida Peninsula*. J. Meteor., ۵, ۲۷۵ - ۲۸۰.

۸-Chen, Y.-L., andJ.-J. Wang, ۱۹۹۵: *Theeffectsof precipitation on the surface temperature and airflow over the Island of Hawaii*. Mon. Wea. Rev., ۱۲۳،۶۸۱ - ۶۹۴.

۹-Colle, B.A, C.F. Mass, ۲۰۰۰, *Sensitivity studies and evaluation of the MM۵ precipitation forecasts*. Mon. Wea. Rev. ۱۲۸،۵۹۳–۶۱۷.

۱۰- Dudhia, J., ۱۹۹۳: *A nonhydrostatic version of the Penn-State-NCAR mesoscale model*: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front. Mon. Wea. Rev, ۱۲۱, ۱۴۹۳ - ۱۵۱۳.

۱۱- Kain, J.S, and J.M. Fritsch, ۱۹۹۰: *A one dimensional entraining/detraining plume model and its application to convective parameterization*. J.Atmos. Sci., ۴۷, ۲۷۸۴-۲۸۰۲.

۱۲- Kingsmill, D. E., ۱۹۹۵: *Convection initiation associated with a sea-breeze front, a gust front, and their collision*. Mon. *Wea. Rev.,* ۱۲۳, ۲۹۱۳ - ۲۹۳۳.

۱۳- Lyons, W. A., C. J.Tremback, and R. A. Pielke, ۱۹۹۵: *Applications of the Regional Atmospheric Modeling System (RAMS) to provide input to photochemical grid models for the Lake-Michigan Ozone study* (LMOS). J. Appl. Meteorol., ۳۴, ۱۷۶۲ - ۱۷۸۶.

۱۴- Nichols, M.E., R.A. Pielke, W.R. Cotton, ۱۹۹۱: *A two-dimensional numerical investigation of the interaction between sea breezes and deep convection over the Florida peninsula*. Mon. Wea. Rev., ۱۱۹, ۲۹۸ - ۳۲۳.

۱۵- Pielke, R. A., ۱۹۸۴: *Mesoscale Numerical Modelling*. Academic Press, New York, ۶۱۲ pp.

۱۶- PSU/NCAR Mesoscale Modeling System, *Tutorial Class Notes and User's Guide:MM۵* Modeling System Version۳،۲۰۰۴

۱۷- Watson, A. I., and D. O. Blanchard, ۱۹۸۴*: The relationship between total area divergence and convective precipitation in south Florida*. Mon. Wea. Rev., ۱۱۲،۶۷۳ - ۶۸۵.

مشخصات نویسندگان:

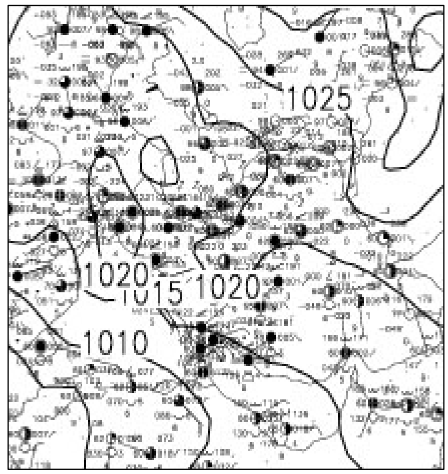
دکتر امیر حسین مشکواتی، استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

دکتر مجید مزرعه فراهانی، عضو هیأت علمی مؤسسه ژئوفیزیک دانشگاه تهران.

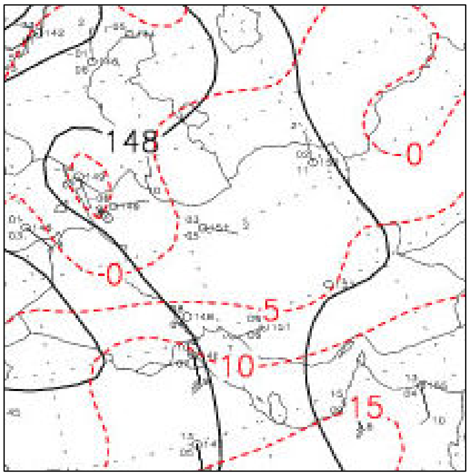
شهرزاد قندهاری، کارشناس ارشد پژوهشکده اقلیم شناسی مشهد.

سمیه جعفری، کارشناس سازمان هواشناسی کشور.

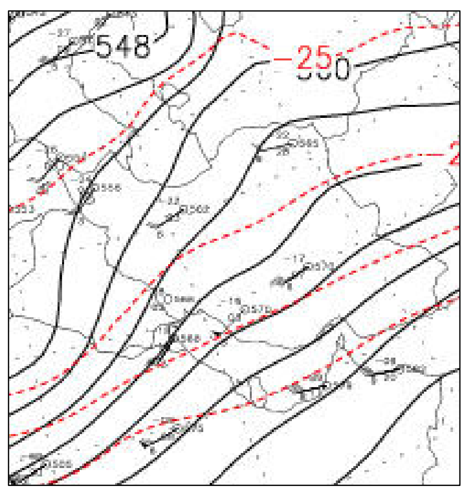
نقشه های واقعی سطح زمین



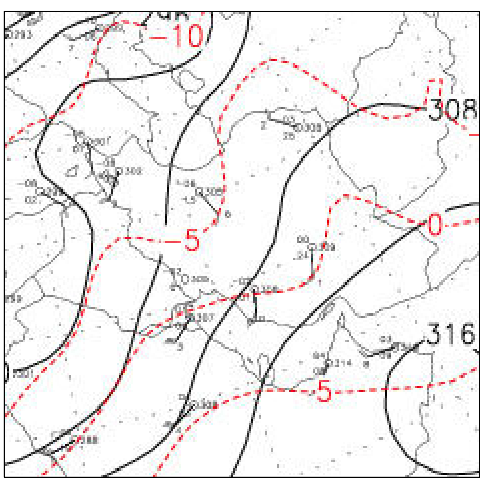
شکل ۱- نقشه سطح زمین روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴



شکل ۲- نقشه سطح ۸۵۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر

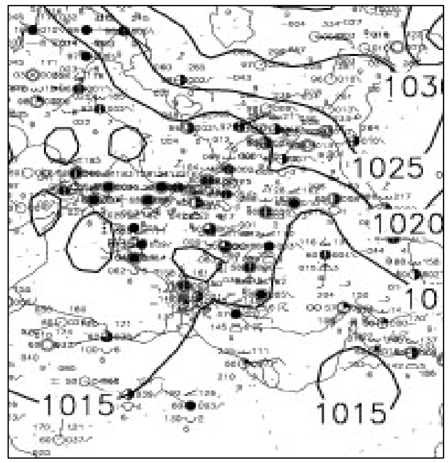


شکل ۳- نقشه سطح ۵۰۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴

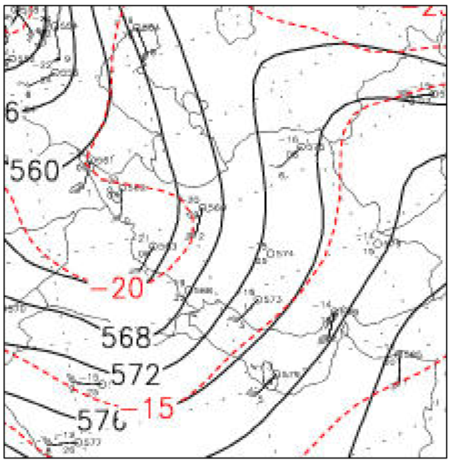


شکل ۴- نقشه سطح ۷۰۰ میلی باری روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰۴

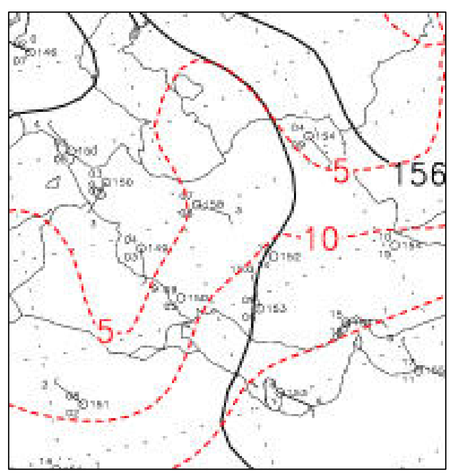
نقشه های واقعی سطح زمین



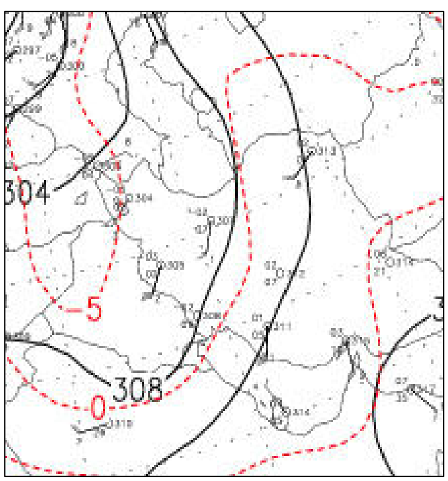
شکل ۵- نقشه سطح زمین
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵



شکل ۶- نقشه سطح ۸۵۰ میلی باری
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

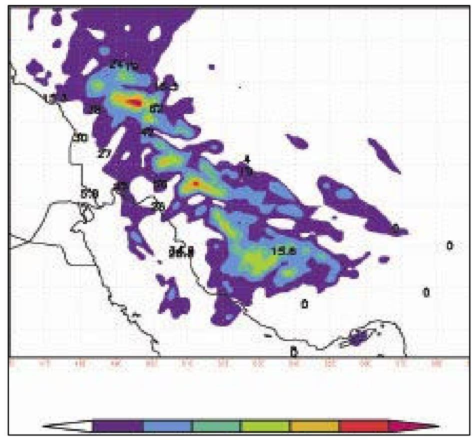


شکل ۷- نقشه سطح ۵۰۰ میلی باری
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

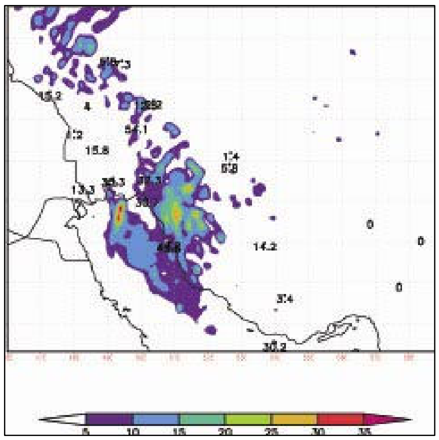


شکل ۸- نقشه سطح ۷۰۰میلی باری
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

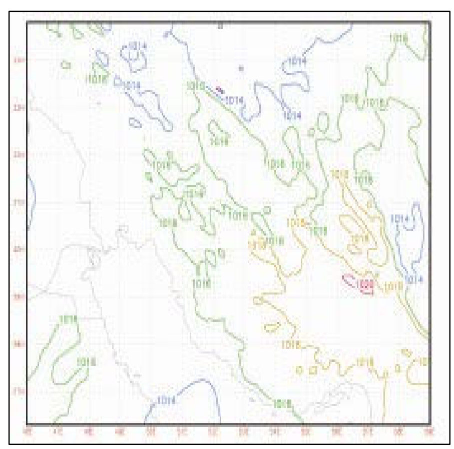
نقشه های حاصل از مدل



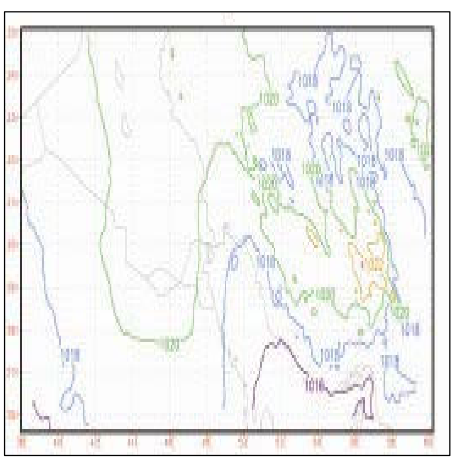
شکل ۹-نقشه بارندگی
روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰٤



شکل ۱۰-نقشه بارندگی
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

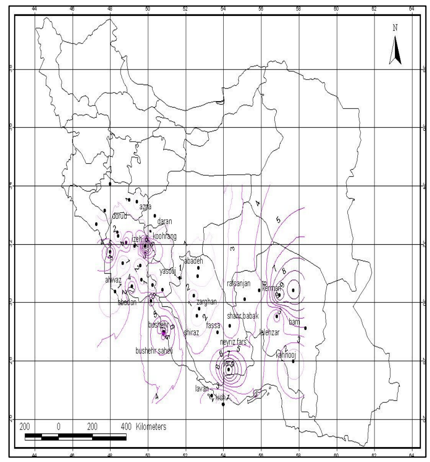


شکل ۱۱-نقشه سطح فشاری
روز ۲۵ دسامبر ۲۰۰٤

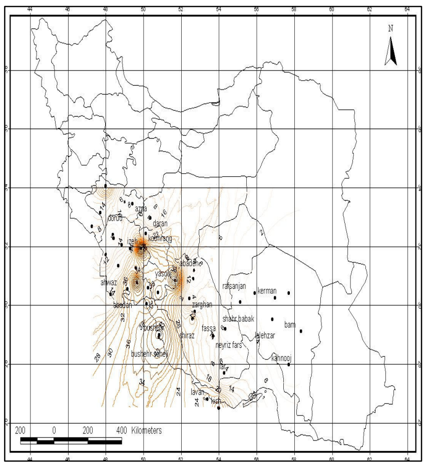


شکل ۱۲-نقشه سطح فشاری
روز ۱۷ نوامبر ۲۰۰۵

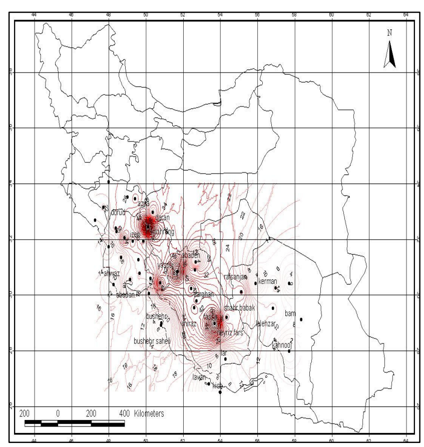
مقایسه پهنه بندی داده های واقعی و داده های حاصل از مدل با استفاده



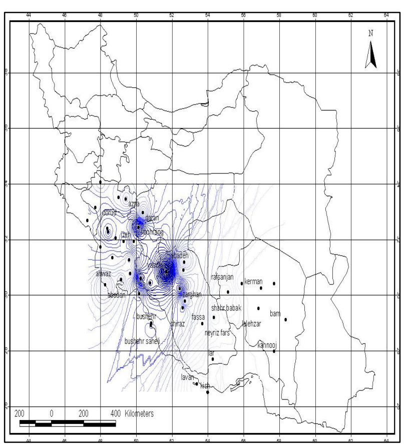
شکل ۱۳- نتایج بارندگی حاصل از مدل



شکل ۱۴- نتایج بارندگی حاصل از مشاهدات



شکل ۱۵- نتایج بارندگی حاصل از مدل



شکل ۱۶- نتایج بارندگی حاصل از مشاهدات